

Controlled electrical power series compensator with capacitor bank

Patent number: DE19619305
Publication date: 1996-11-28
Inventor: WEIS STEPHAN DIPL ING (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE)
Classification:
- international: *H02J3/18; H02J3/18; (IPC1-7): H02J3/18*
- european: H02J3/18B
Application number: DE19961019305 19960513
Priority number(s): EP19950107994 19950524

Report a data error here

Abstract of DE19619305

The electrical series compensation system 2 has a unit 4 that generates a synchronising signal Ss that is applied to a control stage 6 that provides firing pulses Sth1, Sth2 for operation of a pair of synchronised thyristors Th1, Th2. The series compensator is coupled 8 between voltage stages 10, 12 and provides a voltage phase shift. The compensator has a compensator bank 14 and in parallel is a switched inductance 16.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

Controlled electrical power series compensator with capacitor bank has thyristor switching stages coupled to inductance and controlled by synchronising signal

5

The electrical series compensation system [2] has a unit [4] that generates a synchronising signal [Ss] that is applied to a control stage [6] that provides firing pulses [Sth1,Sth2] for operation of a pair of synchronised thyristors [Th1,Th2]. The series compensator is coupled [8] between voltage stages [10,12] and provides a voltage phase shift. The compensator has a compensator bank [14] and in parallel is a switched inductance [16].; Electrical series compensator. Stable change from capacitive to inductive range

10



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 19 305 A 1

⑤① Int. Cl. 6:
H 02 J 3/18

②① Aktenzeichen: 196 19 305.2
②② Anmeldetag: 13. 5. 96
②③ Offenlegungstag: 28. 11. 96

DE 196 19 305 A 1

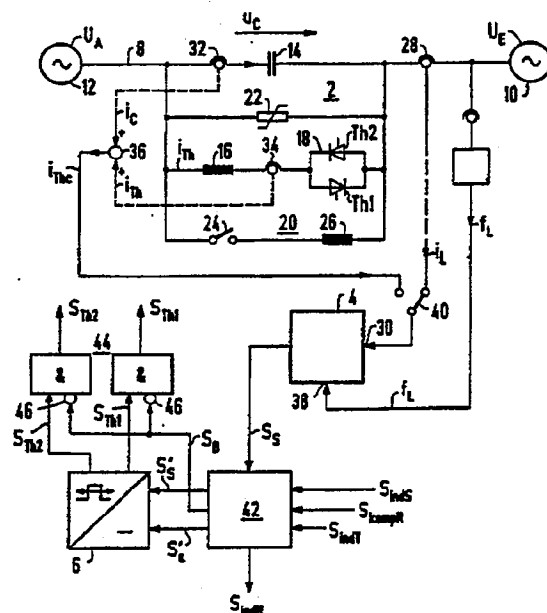
③① Unionspriorität: ②② ③③ ③①
24.05.95 EP 95 10 7994.6

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Weiß, Stephan, Dipl.-Ing., 91080 Uttenreuth, DE

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Umschaltung des Arbeitsbereiches eines gesteuerten Serienkompensators

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Umschaltung des Arbeitsbereiches eines gesteuerten Serienkompensators (2) von einem kapazitiven Arbeitsbereich (A_{kap}) in einen induktiven Arbeitsbereich (A_{ind}) und auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens. Erfindungsgemäß wird in Abhängigkeit eines geforderten induktiven Arbeitspunktes zunächst ein vorbestimmter kapazitiver Arbeitspunkt eingestellt und zeitverzögert das bereitgestellte Synchronisierungssignal (S_s) invertiert und auf die Steuerwinkel-Signale (S_α) für den induktiven Arbeitspunkt umgeschaltet, wobei nach einer vorbestimmten Zeit die Zündimpulse (S_{Th1} , S_{Th2}) für eine vorbestimmte Zeit gesperrt werden. Somit kann der gesteuerte Serienkompensator (2) im fehlerfreien Betrieb in einen stabilen beliebigen induktiven Arbeitspunkt überführt werden, wodurch sich sein Arbeitsbereich verdoppelt.



DE 196 19 305 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 96 802 048/500

13/24

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Umschaltung des Arbeitsbereiches eines gesteuerten Serienkompensators, bestehend aus einer Kondensatorbank, dem eine geschaltete Drossel parallel geschaltet ist, von einem kapazitiven Arbeitsbereich in einen induktiven Arbeitsbereich und auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Bei der Reihenkompensation werden üblicherweise Kondensatoren im Leitungszug eingesetzt, um den stromabhängigen Spannungsabfall auf der Leitung und den Übertragungswinkel in Stufen zu vermindern. Es handelt sich dabei um Kondensatorbänke, die als Ganzes oder in mehreren Teilkondensatoren (Segmenten) in Reihe zu- und abgeschaltet werden. Das Zu- und Abschalten des Kondensators geschieht dadurch, daß ein paralleler Leistungsschalter geöffnet bzw. geschlossen wird. Der Schutz des Kondensators bei Netzkurzschluß wird durch einen parallelen Ableiter, durch eine triggerbare Funkenstrecke und/oder durch einen parallelen Leistungsschalter gewährleistet.

Des weiteren ist ein Reihenkompensationsanlage bekannt, bei der durch eine zum Kondensator parallel geschaltete Drossel die Gesamtimpedanz dieses Reihenkompensators (ähnlich wie beim TCR (Thyristor Controlled Reactor) im statischen Kompensator) mit einem Stromrichterventil durch entsprechendes Zünden auf Hochspannungspotential stufenlos geregelt wird. Eine derartig gesteuerte Serienkompensation ist bekannt unter dem Begriff ASC (Advanced Series Compensation). Mit einem derartig gesteuerten Serienkompensator kann die Dynamik der Reihenkompensation verbessert werden und die Gesamtimpedanz ist in einem gewissen Bereich regelbar, wobei die Impedanz von kapazitiv bis induktiv verändert werden kann.

Derartige Reihenkompensatoren sind im Aufsatz "Geregelte Parallel- und Reihenkompensation", abgedruckt in der DE-Zeitschrift "Elektrie", Band 45, 1991, März, Seiten 88 bis 90, vorgestellt. Außerdem ist ein derartig gesteuerter Reihenkompensator, der in eine Übertragungsleitung integriert ist, im EPRI-Workshop mit dem Titel "Advanced Series Compensation with Variable Impedance" vom 14. bis 16. November, 1990, Cincinnati, Ohio, beschrieben.

Die Funktion der geregelten Serienkompensationsanlage beruht auf der Ansteuerung eines Stromrichterventils, welche durch einen gezielten Umladevorgang durch die Spule eine für das Netz wirksame Impedanz erzeugt. Diese Ansteuerung muß sich periodisch wiederholen und ist auf die Spannung über den Kondensator der gesteuerten Serienkompensationsanlage bezogen. Ein Steuersatz sorgt für eine zeitsynchrone Ansteuerung dieses Stromrichterventils. Dieser Steuersatz setzt Zündimpulse ab, die aus einem Synchronisiersignal und einem gewünschten, auf diesen bezogenen Steuerwinkel ermittelt werden. Eine nachgeschaltete Logik ermöglicht noch einen Schutzzeingriff, um Zündungen bei Störfällen zu blockieren.

Der bisherige Anwendungsbereich einer gesteuerten Serienkompensationsanlage (ASC) beschränkte sich auf den Arbeitsbereich der veränderbaren kapazitiven Impedanz. Wie jedoch der Fig. 1 zu entnehmen ist, besteht theoretisch die Möglichkeit, die Grundschwingungs-Impedanz des ASCs vom kapazitiven Arbeitsbereich A_{kap} in den induktiven Arbeitsbereich A_{ind} überzuführen. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, den Arbeitsbereich des ASCs im fehlerfreien Betrieb (nicht im Über-

lastbereich) zu verdoppeln.

Durch diese Erweiterung des ASC-Arbeitsbereiches ergibt sich eine wesentliche Vergrößerung der ASC-Dynamik für die Beeinflussung des Lastflusses und der Dämpfung von Leistungspendungen in der mit dem ASC ausgerüsteten Übertragungsleitung.

Der bisherige Betrieb des ASCs beschränkte sich jedoch auf den kapazitiven Arbeitsbereich. Hierbei wird ein der Kondensatorspannung proportionales Signal aus dem Leistungsstrom generiert und dem Steuersatz als Synchronisiersignal zugeführt. Zusammen mit einer Steuerspannung, die proportional einem Steuerwinkel ist, generiert der Steuersatz Zündimpulse, die getrennt für die positive und negative Spannungshalbwelle die jeweiligen Thyristoren ansteuern. Wie in Fig. 1 gezeigt wird, ist der Betrieb im kapazitiven Bereich A_{kap} bei einem Steuerwinkel α von 180° bis zu einem anlagenabhängigen Betriebspunkt, an dem die kapazitive Impedanz im stationären Betrieb gegen unendlich strebt, definiert. Hierbei ergibt sich durch den Umladevorgang eine Vergrößerung der Kondensatorspannung gemäß der Fig. 2.

Wird der Steuerwinkel α im bisherigen Betrieb auf einen Winkel eingestellt, der im stationären Betrieb gemäß Fig. 1 eine induktive Impedanz ergibt, so führt das zu einem instabilen Betrieb, wie die Fig. 3 zeigt. Der zugehörige Verlauf des Ventilstromes für diesen instabilen Betrieb zeigt die Fig. 4 in einem Diagramm über der Zeit t .

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, mit dem der gesteuerte Serienkompensator von einem beliebigen Arbeitspunkt im kapazitiven Arbeitsbereich in einen beliebigen Arbeitspunkt im induktiven Arbeitsbereich überführt werden kann, der stabil ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1 bzw. 4.

Dadurch, daß bei Feststellung eines geforderten induktiven Betriebspunktes für den fehlerfreien Betrieb des gesteuerten Serienkompensators zunächst ein vorbestimmter kapazitiver Betriebspunkt eingestellt wird, wird für jeden beliebigen Arbeitspunkt des gesteuerten Serienkompensators die gleiche Voraussetzung für die Überführung des gesteuerten Serienkompensators aus diesem beliebigen kapazitiven Arbeitspunkt in einen geforderten induktiven Arbeitspunkt geschaffen. Zeitverzögert zu dieser Umschaltung wird das bereitgestellte Synchronisiersignal invertiert, während gleichzeitig die Zündimpulse für die geschaltete Drossel gesperrt werden. Nachdem die für die Umschalt-Ablaufsteuerung vorgesehene Zeitspanne, beispielsweise eine Netzperiode, abgelaufen ist, wird die Sperrung der Zündimpulse wieder aufgehoben und es steht ein Steuerwinkel entsprechend dem geforderten induktiven Arbeitspunkt zur Verfügung.

Durch dieses erfindungsgemäße Verfahren zur Umschaltung des Arbeitsbereiches eines gesteuerten Serienkompensators von einem beliebigen kapazitiven Arbeitspunkt in einen geforderten induktiven Arbeitspunkt wird einerseits das bereitgestellte Synchronisiersignal um 180° elektrisch gedreht und andererseits durch die Ausgabe eines vorbestimmten Arbeitspunktes mit zeitverschobener Sperrung der Zündimpulse während dieses Umschaltens für beispielsweise eine halbe Netzperiode die Startbedingung für den induktiven Arbeitsbereich geschaffen.

Die Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsge-

mäßen Verfahrens weist eine Umschalteneinrichtung und eine Sperreinrichtung auf. Mittels der Umschalteneinrichtung wird der gesteuerte Serienkompensator auf einen definierten Betriebspunkt gesetzt, von dem die Umschaltung stattfindet und das bereitgestellte Synchronisiersignal invertiert. Außerdem generiert diese Umschalteneinrichtung ein Blockiersignal, mit dem die Sperrereinrichtung zeitverzögert zur Ausgabe des definierten Betriebspunktes für die Weiterleitung der Zündimpulse vom Steuersatz zur geschalteten Drossel blockiert werden. Nachdem die Umschaltzeit abgelaufen ist, wird die Blockierung der Zündsignale aufgehoben und es wird ein Steuerwinkel entsprechend dem geforderten induktiven Arbeitspunkt und ein für den induktiven Arbeitsbereich erforderliches invertiertes Synchronisiersignal von der Umschalteneinrichtung bereitgestellt.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den Unteransprüchen 5 bis 12 zu entnehmen.

Zur weiteren Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens und der Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der ein Ausführungsbeispiel schematisch veranschaulicht ist.

Fig. 1 zeigt die Arbeitskennlinie eines gesteuerten Serienkompensators, die

Fig. 2 zeigt in einem Diagramm die zeitlichen Verläufe eines gemessenen Leiterstromes und einer Kondensatorspannung des gesteuerten Serienkompensators,

Fig. 3 veranschaulicht in einem Diagramm über der Zeit t die Kondensatorspannung beim Übergang von einem kapazitiven zu einem induktiven Arbeitspunkt ohne Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei in

Fig. 4 in einem Diagramm über der Zeit t der zugehörige Ventilstrom dargestellt ist, die

Fig. 5 zeigt ein einphasiges Ersatzschaltbild eines bekannten gesteuerten Serienkompensators mit der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, die

Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer Umschalteneinrichtung der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, die

Fig. 7 zeigt in einem Diagramm die zeitlichen Verläufe des Leiterstromes und der Kondensatorspannung bei einem induktiven Arbeitspunkt und die

Fig. 8 zeigt den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung während einer Umschaltung von einem kapazitiven in einen induktiven Arbeitspunkt mit Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die

Fig. 9 in einem Diagramm über der Zeit t den zugehörigen Ventilstrom darstellt.

Die Fig. 5 zeigt ein einphasiges Ersatzschaltbild eines gesteuerten Serienkompensators 2 mit einer Vorrichtung 4 zur Erzeugung eines Synchronisiersignals S_s , das einem nachgeschalteten Steuersatz 6 zugeführt ist. Dieser Steuersatz 6 sorgt für ein zeitsynchrones Ansteuern zweier Thyristoren Th_1 und Th_2 . Dieser Steuersatz 6 setzt Zündimpulse S_{Th_1} und S_{Th_2} ab, die aus einem Synchronisiersignal S_s mit einem gewünschten, auf diesen bezogenen Steuerwinkel α ermittelt werden. Der gesteuerte Serienkompensator 2, der auch als ASC (Advanced Series Compensation) bekannt ist, ist als Reihenwiderstand in einer Übertragungsleitung 8 integriert. Dieses geschieht in den meisten Fällen im Zuge der Leitung 8, erfolgt aber auch am Ausgang bzw. Eingang von Schaltstationen. Am Leitungsanfang und am Leitungsende sind jeweils Spannungsfälle 10 und 12 ange-

geben, deren Spannungen U_E und U_A sich in der Amplitude um einen Leitungsspannungsabfall ΔU unterscheiden und in einem Spannungsverdrehwinkel ϑ phasenverschoben sind. Die Spannung U_A am Leitungsanfang wird auch als sendende Spannung U_A und die Spannung U_E am Leitungsende wird auch als Verbraucherspannung U_E bezeichnet.

Der Aufbau einer gesteuerten Serienkompensationsanlage 2 kann in drei Bereiche unterteilt werden. Der Kern einer solchen Anlage 2 besteht aus einer Kondensatorbank 14, welche in die Übertragungsleitung 8 seriell integriert ist. Hiermit erreicht man eine Kompensation der induktiven Längsimpedanz der Leitung 8, welche für den induktiven Blindleistungsanteil verantwortlich ist. Parallel zur Serienkondensatorbank 14 wird bei einer gesteuerten Serienkompensationsanlage 2 ein Zweig, bestehend aus einer Spule 16 und einem Stromrichterventil 18, hinzugeschaltet. Als Stromrichterventil 18 ist eine Parallelschaltung zweier Thyristoren Th_1 und Th_2 dargestellt, die antiparallel zueinander angeordnet sind. Mittels dieser beiden Thyristoren Th_1 und Th_2 kann die Spule 16 zu vorbestimmten Zeitpunkten eingeschaltet werden. Anstelle der Thyristoren Th_1 und Th_2 können auch andere Halbleiterventile, beispielsweise GTO-Thyristoren (Gate-Turn-Off-Thyristoren) verwendet werden. Mittels dieses Zweiges besteht die Möglichkeit, durch eine Phasenanschnittsteuerung die wirksame Impedanz des gesteuerten Serienkompensators 2 kontinuierlich kapazitiv zu verändern. Dadurch kann man neben der Erhöhung der Übertragungsleistung auch noch im Fehlerfall (induktiver Arbeitsbereich) auf der Leitung 8 einen Kurzschlußstrom begrenzen.

Zum Schutz der Kondensatorbank 14, der Spule 16 und des Stromrichterventils 18 vor Überlastung durch zu hohe Leitungsströme i_L sind parallel zu diesen Elementen 14 oder 16 und 18 ein Nebenweg 20 (Bypass) und ein nichtlinearer Widerstand 22, auch Ableiter genannt, eingebaut. Als nichtlinearer Widerstand 22 ist beispielsweise ein Metalloxid-Varistor (MOV) vorgesehen. Dieser elektrisch parallel zum Serienkondensator 14 geschaltete Metalloxid-Varistor 22 ist so dimensioniert, daß bei einer vorbestimmten Spannungsamplitude dieser Ableiter 22 sehr schnell die Stromführung übernimmt und somit die Serienkondensatorbank 14 vor länger andauernden Überlastzuständen schützt. Das Energieaufnahmevermögen eines nichtlinearen Widerstandes 22 ist aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen natürlich begrenzt und somit benötigt eine Serienkompensationsanlage 2 auch die Möglichkeit, den Serienkondensator 14 mit seinem Ableiter 22 vor Überlastung zu schützen. Diese Aufgabe wird von dem parallelen Nebenweg 20 übernommen. Dieser Bypass 20 besteht aus einem Bypass-Schalter 24 und aus einem Dämpfungskreis 26. Der Bypass-Schalter 24 wird geschlossen, sobald die Belastung, d. h. das Energieaufnahmevermögen des Ableiters 22, erschöpft ist.

Mittels einer Einrichtung 28 wird der Istwert des Leiterstromes i_L ermittelt und einem Amplitudeneingang 30 der Vorrichtung 4 zur Erzeugung eines Synchronisiersignals S_s zugeführt. Mittels einer Einrichtung 32 wird der Istwert des Kondensatorstromes i_C und mittels einer Einrichtung 34 wird der Istwert des Ventilstromes i_{Th} ermittelt und einem Verknüpfungsglied 36 zugeführt, dessen Ausgang mit dem Amplitudeneingang 30 der Vorrichtung 4 zur Erzeugung eines Synchronisiersignals S_s verknüpft werden kann. Einem Frequenzeingang der Vorrichtung 4 zur Erzeugung eines Synchroni-

siersignals S_s wird ein Istwert der Frequenz f_L der Übertragungsleitung 8 zugeführt. Die Systemgrößen i_L , i_{Th} und i_C werden über ein Lichtleitersystem potentialfrei von der auf Hochspannungspotential befindlichen Anlage 2 zur Vorrichtung 4 zur Erzeugung eines Synchronisiersignals S_s geführt, die auf Erdpotential ist. Diese potentialfreie Übertragung der Systemgrößen i_L , i_C und i_{Th} sind durch eine unterbrochene Linie dargestellt. Eine derartige ASC-Anlage 2 ist aus dem eingangs genannten EPRI-Workshop annähernd bekannt.

Zwischen der Vorrichtung 4 zur Erzeugung eines Synchronisiersignals S_s und dem Steuersatz 6 ist eine Umschalteneinrichtung 42 der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens angeordnet, wobei die Ausgänge des Steuersatzes 6 mit einer Sperr-einrichtung 44 versehen sind, die ebenfalls Bestandteil der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist. Die Umschalteneinrichtung 42 ist ebenfalls mit den invertierenden Eingängen 46 der Sperr-einrichtung 44 verknüpft. Der Umschalteneinrichtung 42 sind außerdem neben dem Synchronisiersignal S_s noch ein phasenbezogenes Anlagen-Stellsignal S_{kompR} und zwei Kennungssignale S_{inds} und S_{indT} der weiteren Phasen S und T der ASC-Anlage 2 zugeführt. Ausgangsseitig stehen ein Steuerwinkel-Signal S'_α und ein modifiziertes Synchronisiersignal S'_s zur weiteren Verarbeitung im Steuersatz 6 zur Verfügung. An den beiden Ausgängen der Sperr-einrichtung 44 stehen die erzeugten Zündsignale S_{Th1} und S_{Th2} für die Thyristoren $Th1$ und $Th2$ des Stromrichterventils 18 an.

Die Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform der Umschalteneinrichtung 42. Diese Umschalteneinrichtung 42 weist eine Umschalt-Ablaufsteuerung 48, jeweils ein Funktionsglied 50 und 52 für den kapazitiven und induktiven Arbeitsbereich A_{kap} und A_{ind} , eine Einrichtung 54 zur Arbeitsbereichskennung, eine Einrichtung 56 zur Invertierung eines Synchronisiersignals S_s und mehrere Umschalter 58, 60 und 62 auf. Die Einrichtung 54 zur Arbeitsbereichskennung ist eingangsseitig mit einem Stellsignal-Eingang 64 verbunden, an dem ein phasenbezogenes Stellsignal S_{kompR} bzw. S_{kompS} bzw. S_{kompT} ansteht. An diesem Eingang 64 ist ebenfalls eingangsseitig ein Umschalter 58 angeschlossen, dessen Ausgänge mit einem Eingang der Funktionsglieder 50 und 52 verknüpft sind. Für die beiden Funktionsglieder 50 und 52 sind Speicher vorgesehen, in denen jeweils eine Tabelle von Impedanzwerten und zugehörigen Steuerwinkelwerten abgespeichert sind, die jeweils einem Zweig der Arbeitskennlinie der Fig. 1 entsprechen. Der Einrichtung 54 zur Arbeitsbereichskennung wird über einen Referenzeingang 66 ein Referenzsignal S_{KGW} zugeführt. Im einfachsten Fall ist für diese Einrichtung 54 ein Komparator vorgesehen, an dessen Ausgang ein phasenbezogenes Kennungssignal S_{indR} ansteht. Dieses phasenbezogene Kennungssignal S_{indR} wird der Umschalt-Ablaufsteuerung 48 zugeführt, die aus einem UND-Glied 68, einem monostabilen Kippglied 70 und zwei Verzögerungsgliedern 72 und 74 besteht. Das UND-Glied 68 ist bei dieser Umschalt-Ablaufsteuerung 48 eingangsseitig angeordnet und weist insgesamt drei Eingänge auf. Jedem Eingang wird ein phasenbezogenes Kennungssignal S_{indR} , S_{inds} und S_{indT} zugeführt, wobei zwei Kennungssignale S_{inds} und S_{indT} über die Eingänge 76 und 78 zugeführt werden. Das phasenbezogene Kennungssignal S_{inds} bzw. S_{indT} wird in der Umschalteneinrichtung 42 der Phase S bzw. T generiert. Das phasenbezogene Kennungssignal S_{indR} wird über den Ausgang 80 aus der Umschalteneinrichtung 42

der Phase R herausgeführt, damit es bei den Umschalteneinrichtungen 42 der Phasen S und T verwendet werden kann. Ausgangsseitig ist dieses UND-Glied 68 einerseits mit den Steuereingängen 82 und 84 der Umschalter 58 und 60 und andererseits mit den Eingängen des monostabilen Kippgliedes 70 und dem Zeitverzögerungsglied 72 verbunden. Dieses Zeitverzögerungsglied 72 ist ausgangsseitig mit einem Steuereingang 86 eines Umschalters 88 der Einrichtung 56 zur Invertierung eines Synchronisiersignals S_s verbunden. Ausgangsseitig ist dieser Umschalter 88 mittels eines Multiplizierers 90 mit einem Synchronisiersignal-Ausgang 92 der Umschalteneinrichtung 42 verbunden. An den beiden Eingängen dieses Umschalters 88 steht jeweils ein positives und ein negatives Vorzeichensignal an. Der zweite Eingang des Multiplizierers 90 ist mit einem Synchronisiersignal-Eingang 94 der Umschalteneinrichtung 42 verknüpft. Der Ausgang des monostabilen Kippgliedes 70 ist einerseits mittels eines weiteren Verzögerungsgliedes 74 mit einem Blockiersignal-Ausgang 96 der Umschalteneinrichtung 42 und andererseits mit einem Steuereingang 98 des Umschalters 62 verbunden. Der eine Eingang dieses Umschalters 62 ist mit einem einstellbaren Konstantglied 100 und der andere Eingang ist mit dem Ausgang des Funktionsgliedes 52 für den induktiven Arbeitsbereich A_{ind} verknüpft. Ausgangsseitig ist dieser Umschalter 62 mit einem Eingang des Umschalters 60 verbunden, dessen zweiter Eingang mit einem Ausgang des Funktionsgliedes 50 für den kapazitiven Arbeitsbereich A_{kap} verknüpft ist und dessen Ausgang mit einem Steuerwinkel-Ausgang 102 der Umschalteneinrichtung 42 verbunden ist.

Anhand dieses Blockschaltbildes soll nun das erfindungsgemäße Verfahren zur Umschaltung des Arbeitsbereiches eines gesteuerten Serienkompensators 2 von einem beliebigen kapazitiven Arbeitspunkt in einen induktiven Arbeitspunkt beschrieben werden:

Bei dieser Funktionsbeschreibung wird beispielsweise von einem kapazitiven Arbeitspunkt A_{K1} ausgegangen. Für diesen Arbeitspunkt ist das phasenbezogene Anlagen-Stellsignal $S_{kompR} = -20 \Omega$, und die Schalter der Umschalter 58, 60, 56 befinden sich in der Stellung I, wogegen der Schalter des Umschalters 62 sich in der Stellung II befindet. Somit erscheinen am Steuerwinkel-Ausgang 102 ein Steuerwinkel-Signal $S'_\alpha = 160^\circ \text{el}$, am Blockiersignal-Ausgang 96 ein Sperrsignal $S_B = 0$ und am Synchronisiersignal-Ausgang 92 ein Synchronisiersignal $S_{sv} = S_s$. Sobald das phasenbezogene Anlagen-Stellsignal S_{kompR} seinen Wert von -20Ω auf $+10 \Omega$ (induktiver Arbeitspunkt A_{I1}) wechselt, wird dieser von der Einrichtung 54 zur Arbeitsbereichskennung mit einem vorgegebenen Referenzsignal S_{KGW} verglichen. Am Ausgang dieser Einrichtung 54 wechselt das Kennungssignal S_{indR} von "low" nach "high". Das Ausgangssignal des UND-Gliedes 68 der Umschalt-Ablaufsteuerung 48 wechselt ebenfalls von "low" nach "high", sobald die phasenbezogenen Kennungssignale S_{inds} und S_{indT} der Phasen S und T ebenfalls einen "high"-Pegel haben. Infolge dieses Pegelwechsels wechseln die Schalter der Umschalter 58 und 60 in die Stellung II, wird das Zeitverzögerungsglied 72 aktiviert und das monostabile Kippglied wechselt von "low" nach "high", wodurch der Schalter des Umschalters 62 ebenfalls in die Stellung I wechselt und das Zeitverzögerungsglied 74 gestartet wird. Somit wechselt das Steuerwinkel-Signal S'_α am Steuerwinkel-Ausgang 102 auf einen Wert von beispielsweise 140°el , wobei aber auch Werte zwischen 91°el und 140°el beliebig gewählt werden können. Der obere

Wert kann anlagenspezifisch verschoben werden. Dadurch befindet sich der gesteuerte Serienkompensator 2 in einem Arbeitspunkt, der unabhängig vom beliebigen kapazitiven Ausgangs-Arbeitspunkt ist. Somit wird für beliebige kapazitive Arbeitspunkte jeweils dieselbe Ausgangsposition für die Umschaltung geschaffen. Das monostabile Kippglied 70 ist beispielsweise auf eine Netzperiode eingestellt, wogegen die Zeitverzögerung der Zeitverzögerungsglieder 72 und 74 beispielsweise auf eine halbe Netzperiode eingestellt ist. Nach Ablauf dieser Verzögerungszeiten wechselt das Sperrsignal S_B von "low" nach "high", wodurch die Sperreinrichtung 44 seine Ausgänge blockiert, und der Schalter des Umschalters 56 wechselt in die Stellung II, wodurch das am Synchronisiersignal-Eingang 94 anstehende Synchronisiersignal S_S invertiert wird. Durch die Blockierung der Zündsignale S_{Th1} und S_{Th2} werden die Thyristoren $Th1$ und $Th2$ des Stromrichterventils 18 nicht mehr angesteuert. Dieses Blockieren führt zu einem DC-Anteil in der Kondensatorspannung u_C , wodurch die Zündung im induktiven Arbeitsbereich A_{ind} vorbereitet wird. Sobald die Zeit des monostabilen Kippgliedes 70 abgelaufen ist, wechselt das Signal an seinen Ausgang von "high" nach "low", womit auch das Blockiersignal S_B am Ausgang 96 von "high" nach "low" wechselt. Dadurch wird die Blockierung der Zündsignale S_{Th1} und S_{Th2} wieder aufgehoben. Da die Zeitverzögerung des Zeitverzögerungsgliedes 72 beispielsweise auf eine halbe Netzperiode eingestellt war, wechselt sein Ausgangssignal zusammen mit den Ausgangssignalen des monostabilen Kippgliedes 70 und des Zeitverzögerungsgliedes 74 von "high" nach "low". An den Ausgängen 92 und 102 der Umschalteneinrichtung 42 stehen das modifizierte Synchronisiersignal $S'_S = -S_S$ und ein Steuerwinkel-Signal $S'_\alpha = 131,4^\circ$ an, das mittels des phasenbezogenen Anlagen-Stellsignals S_{kompR} und des Funktionsgliedes 52 bestimmt wurde. Mittels dieser Signale S'_α und S_{sv} arbeitet nun der gesteuerte Serienkompensator 2 im induktiven Arbeitsbereich A_{ind} beispielsweise im induktiven Arbeitspunkt A_{II} .

Der induktive Betrieb der ASC-Anlage 2 führt dazu, daß die Kondensatorspannung u_C dem Leiterstrom i_L um 90° voreilt (Fig. 7). In der Fig. 8 ist der zeitliche Verlauf der Kondensatorspannung u_C in einem Diagramm dargestellt, wobei von einem kapazitiven Arbeitsbereich A_{kap} in einen induktiven Arbeitsbereich A_{ind} umgeschaltet wird. Ein Vergleich mit dem zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung u_C gemäß Fig. 3 zeigt, daß kein instabiler Betrieb mehr auftritt. Der zugehörige zeitliche Verlauf des Ventilstromes i_{Th} während der Umschaltungszeit zeigt die Fig. 9. Ein Vergleich dieses zeitlichen Verlaufes des Ventilstromes i_{Th} mit dem zeitlichen Verlauf des Ventilstromes i_{Th} gemäß Fig. 4 zeigt ebenfalls sehr deutlich, daß keine Instabilitäten im induktiven Arbeitsbereich A_{ind} mehr auftreten. Ebenso werden die Thyristoren $Th1$ und $Th2$ des Stromrichterventils 18 viel weniger belastet.

Mittels dieses erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch gezielte Veränderung des Synchronisierverfahrens und des Zündwinkels die Grundschwingungs-Impedanz des ASCs vom kapazitiven in den induktiven Arbeitsbereich überführt. Hierbei ergibt sich die Möglichkeit, den Arbeitsbereich des ASCs im fehlerfreien Betrieb (nicht im Überlastbereich) ohne Mehraufwand zu verdoppeln. Durch die Erweiterung des ASC-Arbeitsbereiches ergibt sich eine wesentliche Vergrößerung der ASC-Dynamik für die Beeinflussung des Lastflusses und der Dämpfung von Leistungspendelungen in

der mit dem ASC ausgerüsteten Übertragungsleitung 8.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Umschaltung des Arbeitsbereiches eines gesteuerten Serienkompensators (2), bestehend aus einer Kondensatorbank (14), dem eine geschaltete Drossel (16) parallel geschaltet ist, von einem kapazitiven Arbeitsbereich (A_{kap}) in einen induktiven Arbeitsbereich (A_{ind}), wobei bei Feststellung eines geforderten induktiven Arbeitspunktes (A_{II}) im fehlerfreien Betrieb des gesteuerten Serienkompensators (2) einerseits auf die Bereitstellung von Steuerwinkeln (α_{ind}) des induktiven Arbeitsbereiches (A_{ind}) umgeschaltet und für eine vorgegebene Zeitspanne ein vorbestimmter Steuerwinkel (α) an einem Steuersatz (6) des Serienkompensators (2) ausgegeben wird und andererseits nach einer vorbestimmten Zeitverzögerung einerseits ein bereitgestelltes Synchronisiersignal (S_S) des gesteuerten Serienkompensators (2) invertiert und andererseits die Zündimpulse (S_{Th1} , S_{Th2}) für die geschaltete Drossel (16) gesperrt werden und wobei nach Ablauf der vorgegebenen Zeitspanne einerseits vom vorbestimmten Steuerwinkel (α_{kapF}) des kapazitiven Arbeitsbereiches (A_{kap}) auf die bereitgestellten Steuerwinkel (α_{ind}) des induktiven Arbeitsbereiches (A_{ind}) umgeschaltet und andererseits die Sperrung der Zündimpulse (S_{Th1} , S_{Th2}) aufgehoben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die vorgegebene Zeitspanne einer Periode einer Netzspannung entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die vorbestimmte Zeitverzögerung einer halben Periode einer Netzspannung entspricht.
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, wobei diese Vorrichtung eine Umschalteneinrichtung (42) und eine Sperreinrichtung (44) aufweist, wobei diese Umschalteneinrichtung (42) eingangsseitig mit einer Synchronisationseinrichtung (4) des gesteuerten Serienkompensators (2) und ausgangsseitig einerseits mit einem Steuersatz (6) dieses Serienkompensators (2) und andererseits mit der Sperrvorrichtung (44) verknüpft ist, die ihrerseits mit den Ausgängen des Steuersatzes (6) verbunden sind, und wobei an weiteren Eingängen der Umschalteneinrichtung (42) ein phasenbezogenes Anlagen-Stellsignal (S_{kompR} , S_{kompS} , S_{kompT}) und zwei Kennungssignale (S_{indS} , S_{indT} bzw. S_{indR} , S_{indT} bzw. S_{indR} , S_{indS}) der weiteren Phasen (S, T bzw. R, T bzw. R, S) anstehen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Umschalteneinrichtung (42) eine Umschalt-Ablaufsteuerung (48), jeweils ein Funktionsglied (50, 52) für den kapazitiven und induktiven Arbeitsbereich (A_{kap} , A_{ind}), eine Einrichtung (54) zur Arbeitsbereichskennung, eine Einrichtung (56) zur Invertierung eines Synchronisierungssignals (S_S) und mehrere Umschalter (58, 60, 62, 88) aufweist, deren Steuereingänge (82, 84, 98, 86) mit der Umschalt-Ablaufsteuerung (48) verbunden sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Einrichtung (54) zur Arbeitsbereichskennung ausgangsseitig mit der Umschalt-Ablaufsteuerung (48) und mit einem Ausgang (80) der Umschalteneinrichtung (42) und eingangsseitig mit einem Stellsignal-Eingang (64) der Umschalteneinrichtung (42) verbunden sind,

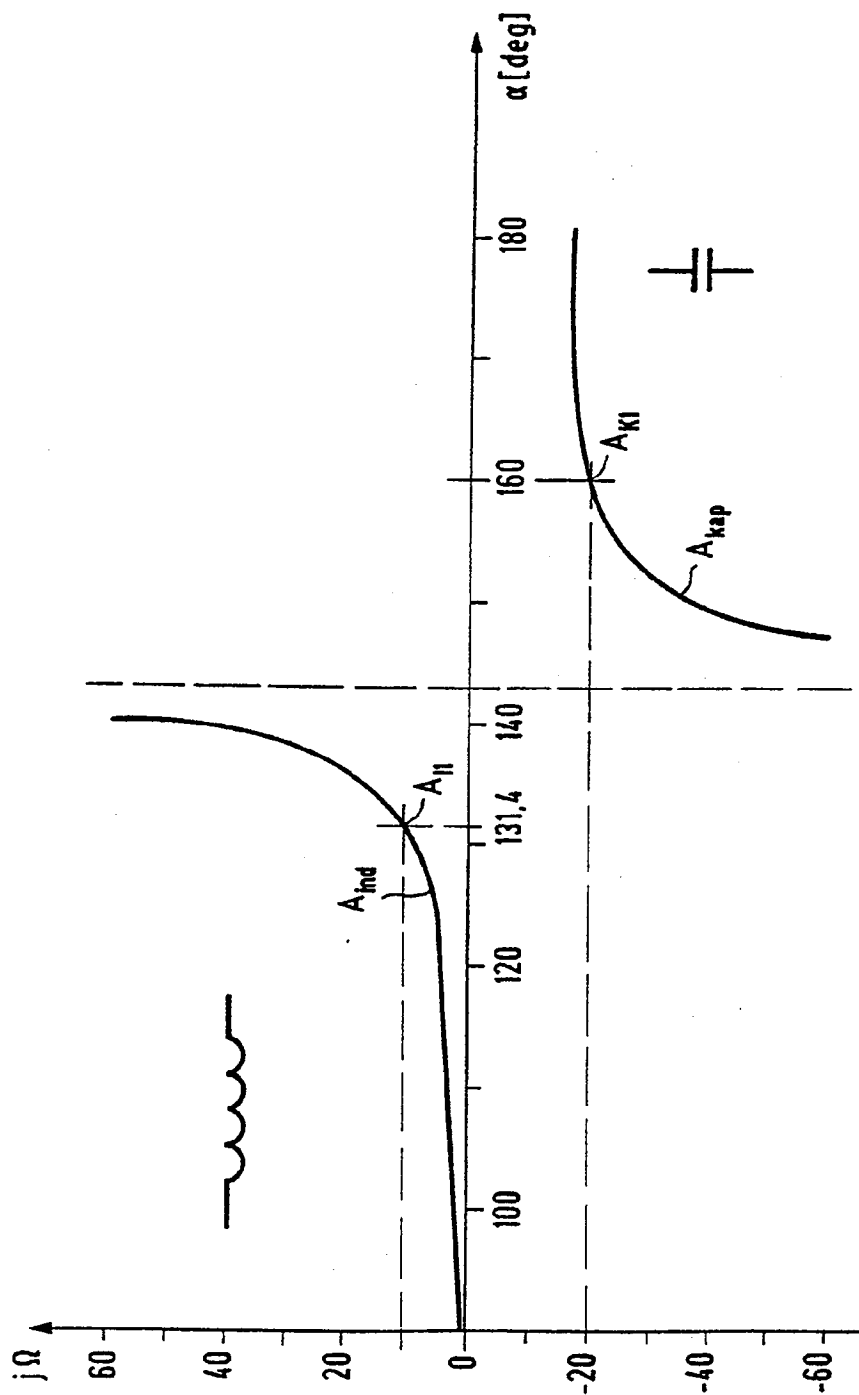


FIG 1

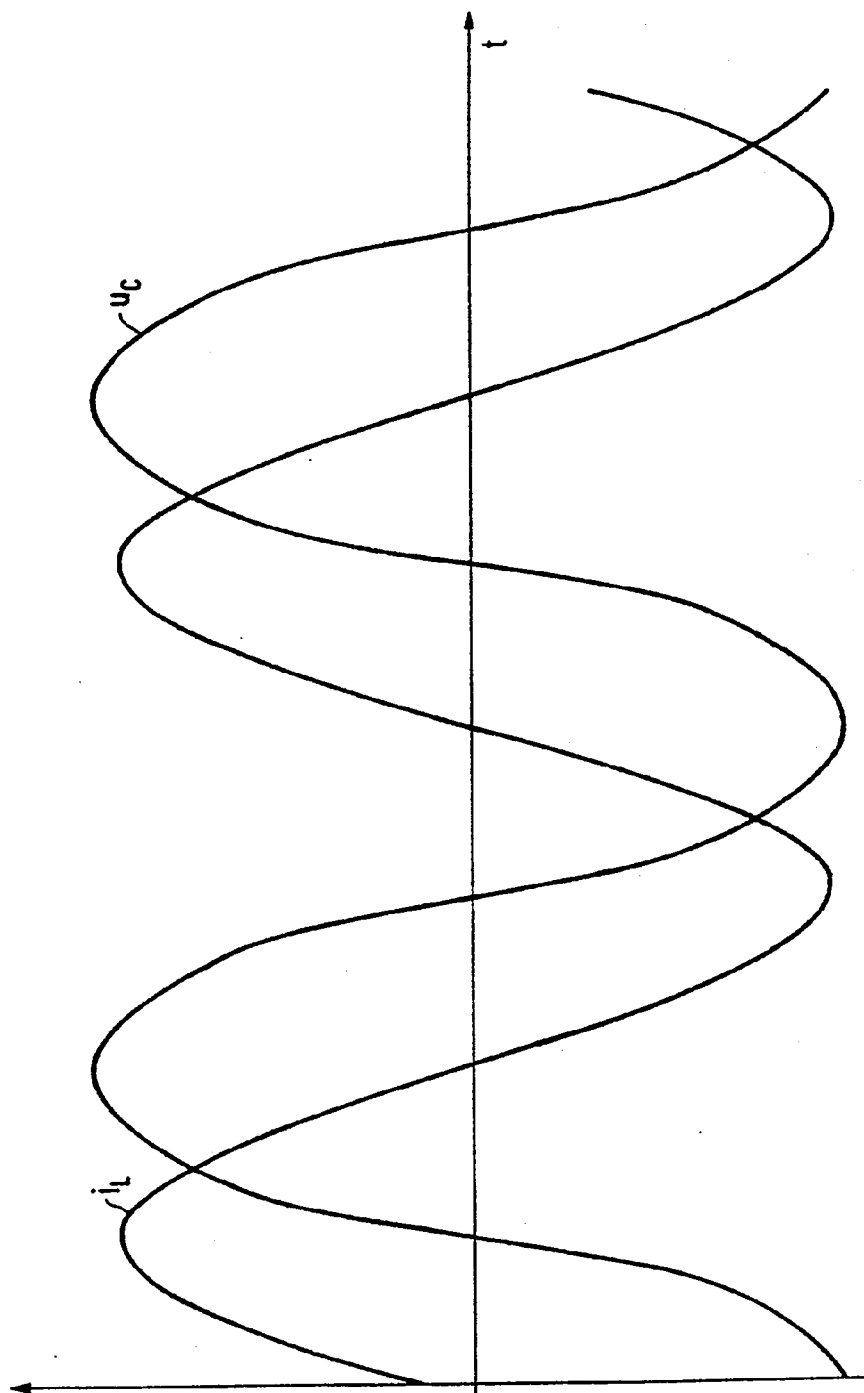


FIG 2

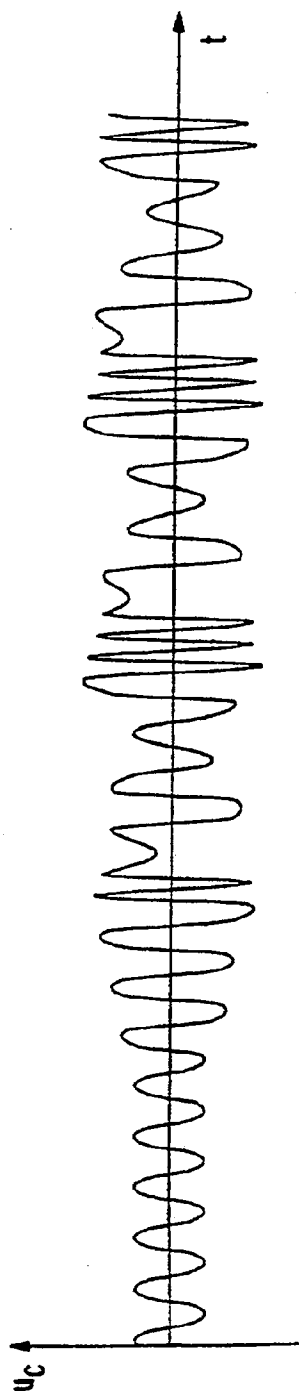


FIG 3

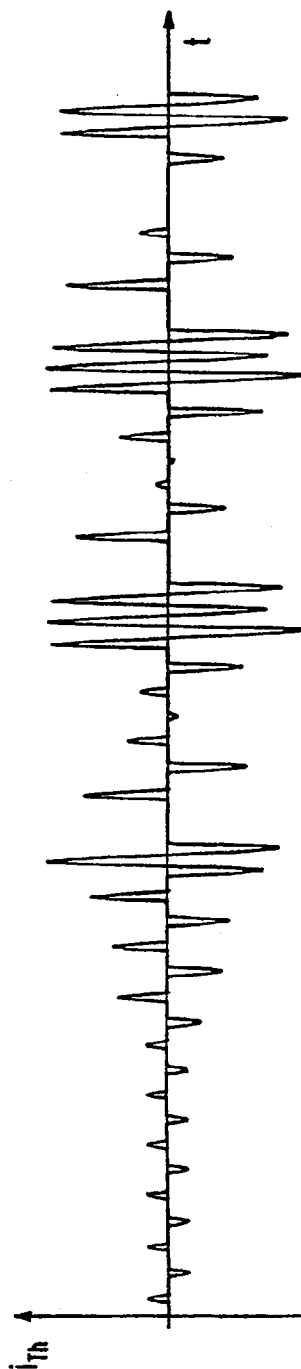


FIG 4

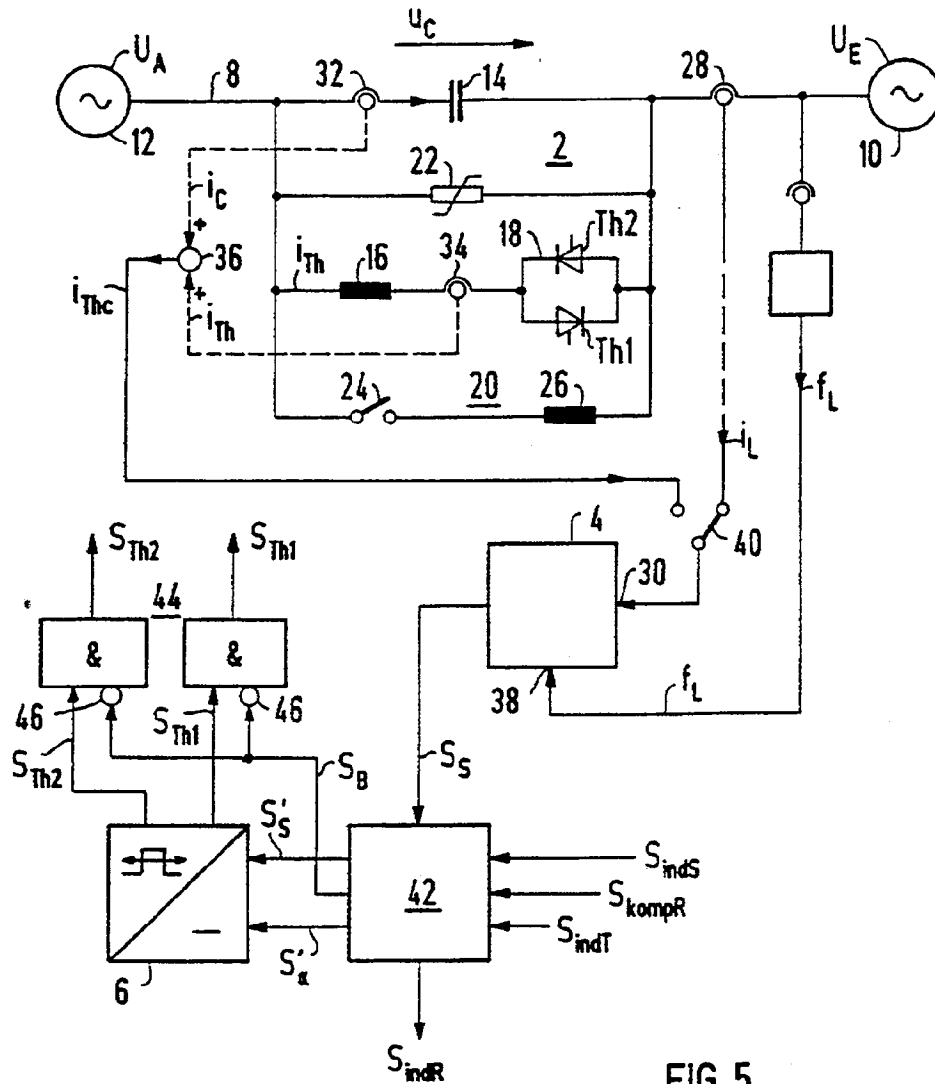


FIG 5

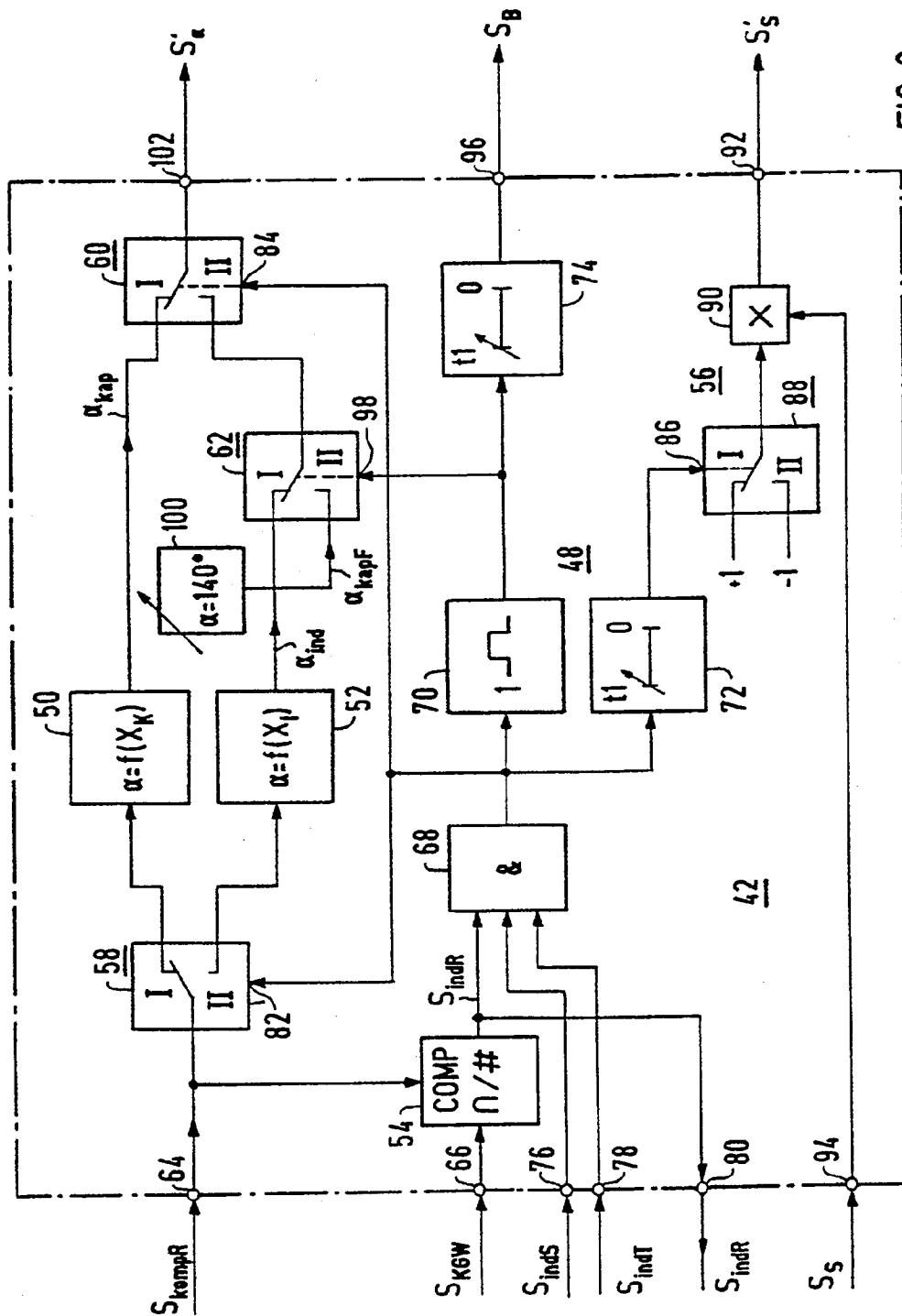


FIG 6

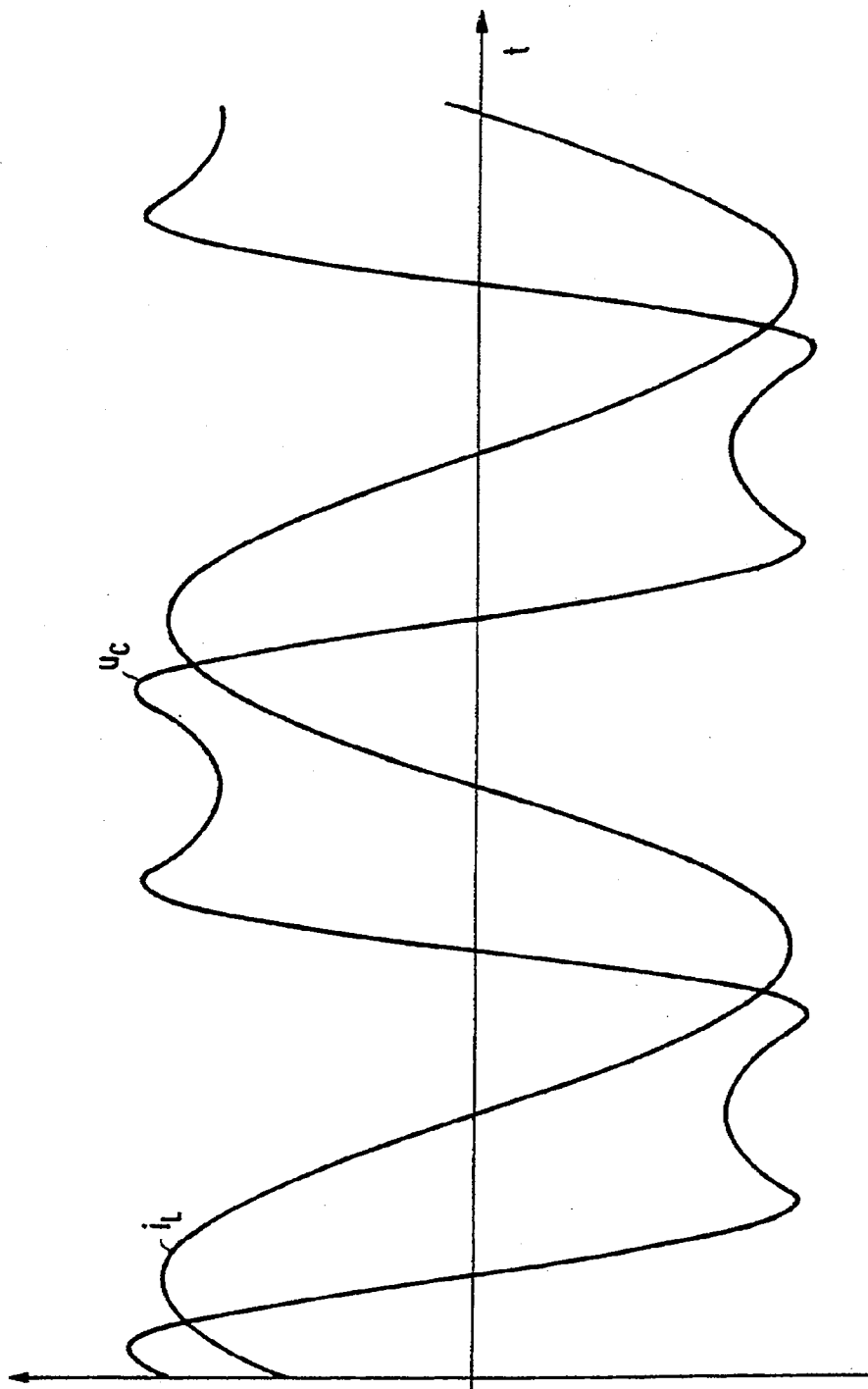


FIG 7

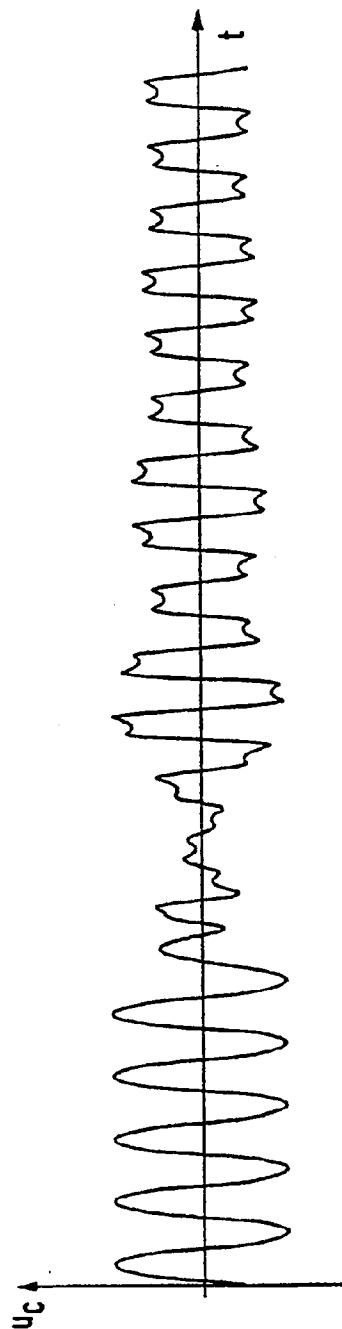


FIG 8

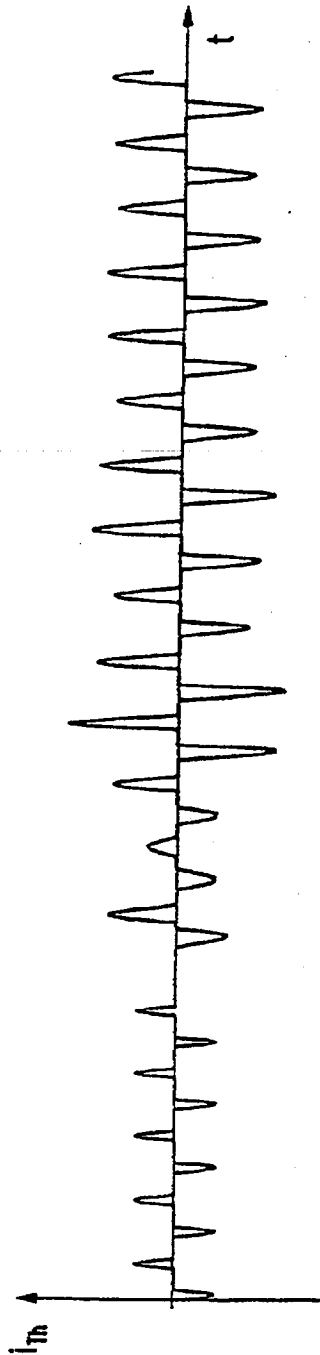


FIG 9